Gedankenexperimente – Forschung im Lehnstuhl?

APHIN VI 2025 – Meinen, Glauben, Wissen, Hoffen

20. –22. Juni 2025

Uwe Mylatz

Gedankenexperimente – Vortrag

Gottfried Gabriel beschreibt in seinem Buch Erkenntnis verschiedene Erkenntnisformen. Auch Gedankenexperimente können unterschiedliche Funktionen erfüllen. Es sollen diese Funktionen in verschiedenen Bereichen beleuchtet werden.

- Was sind GE?
- Geschichte der GE
- GE aus Naturwissenschaft, Mathematik, Philosophie usw.
- Fazit

Was sind Gedankenexperimente?

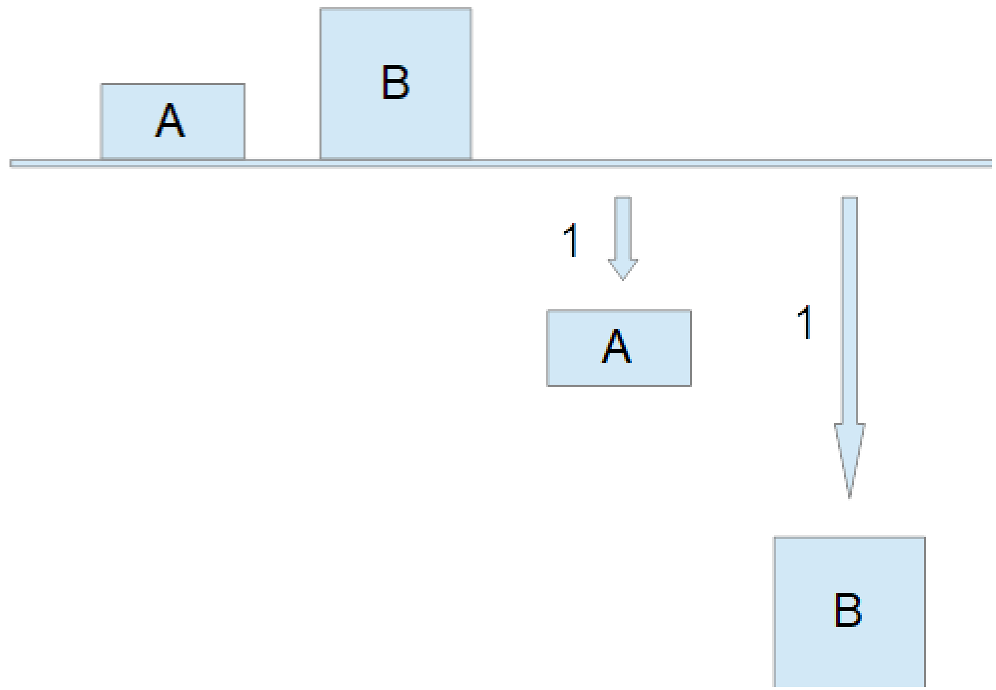
- GE werden nicht real ausgeführt, sondern nur in Gedanken
- GE gehen meist von kontrafaktischen Annahmen aus.
- In GE werden oft Reihen durch laufen. Es kann sich um einen zeitlichen Ablauf handeln, aber auch um eine Reihe von Zuständen, die sich kontinuierlich verändern. Es wird gedanklich eine Größe variiert.
- GE sind im allgemeinen anschaulich. Man stellt sich einen Versuchsaufbau oder ein Szenario möglichst konkret vor.
- Es werden Analogien aufgestellt. GE nehmen Vereinfachungen vor.
- GE können der Vorbereitung eines realen Experiments oder als Ersatz eines realen Experiments dienen, wenn dies zu teuer, zu gefährlich oder undurchführbar ist.
- GE liefern keine Beweise. Sie liefern nur Hinweise auf mögliche Lösungen.

Gedankenexperimente – Geschichte

- Der Begriff des GE wurde 1811 von Christian Ørsted geprägt. Er war Anhänger der Naturphilosophie von Immanuel Kant.
- Ernst Mach machte den Begriff zu Beginn des 20. Jahrhunderts bekannt. Er war aber Antimetaphysiker und setzte nur auf Erfahrung als Quelle der Erkenntnis. Er spricht auch von Gedankenerfahrung wie Ørsted, aber er sagt, dass sie immer auf realen Erfahrungen aufbaut und diese auf ähnliche Fälle überträgt.
- Im 20. Jahrhundert wurden GE zu einem viel diskutierten Thema. Einschätzungen gingen weit auseinander:
    - James Robert Brown glaubt, dass es eine Erkenntnis durch Gedanken-erfahrung gibt. In GE haben wir es mit einer platonischen Ideenwelt zu tun.
    - John Norton hält dagegen GE für ganz normale deduktive oder induktive Schlüsse. Die anschaulichen Elemente des GE können ohne Verlust eliminiert werden.

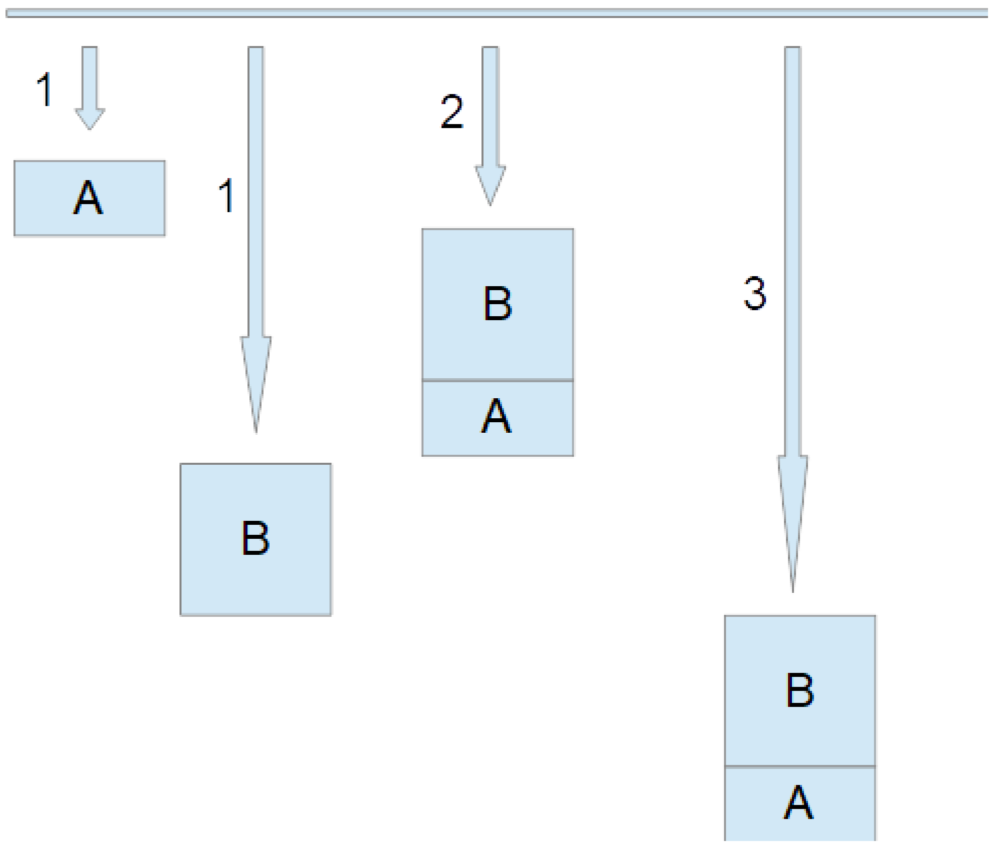
Naturwissenschaft – Galileis Gedankenexperiment

Aristoteles glaubte, dass schwere Körper (B) schneller fallen als leichte (A) (1).



Naturwissenschaft – Galileis Gedankenexperiment

Aber wenn B auf A gelegt wird, wird A den Fall von B abbremsen (2). Andererseits bilden A und B zusammen einen noch schwereren Körper, der dann schneller als A und B fallen müsste (3). Das ist ein Widerspruch.



Naturwissenschaft – Galileis Gedankenexperiment

- Das GE von Galilei in den (siehe discorsi, 1638) hat Überzeugungskraft, aber keine Beweiskraft
- Eine Feder fällt z.B. langsamer als eine Eisenkugel
- Im Wasser sinkt eine leichte Kugel langsamer als eine schwere
- Dass ein leichter Körper einen schweren abbremst, ist vielleicht vorstellbar, aber nicht zwingend
- Galilei bezieht sich im GE auch auf Erfahrung. Er erinnert daran, dass sich eine Kanonenkugel, die 100 mal schwerer als eine Flintenkugel ist, nicht 100 mal so schnell fällt, wie es Aristoteles annimmt.
- Galilei erwägt in den discorsi verschiedene reale Experimente

Naturwissenschaft – Olbersches Paradoxon

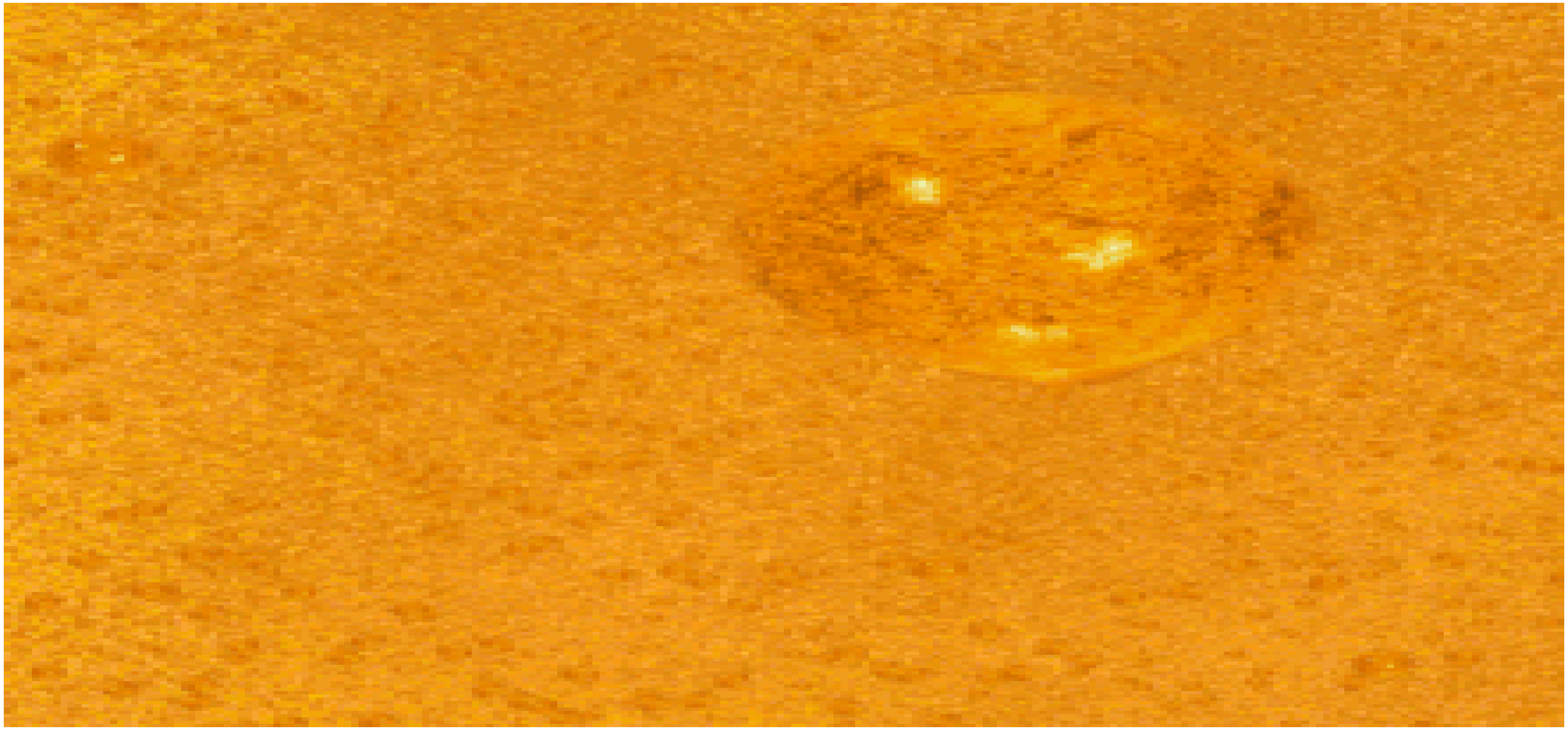
„Sind wirklich im ganzen unendlichen Raum Sonnen vorhanden, sie mögen nun in ungefähr gleichen Abständen von einander, oder in Milchstrassen-Systeme vertheilt sein, so wird ihre Menge unendlich, und da müsste der ganze Himmel eben so hell sein wie die Sonne. Denn jede Linie, die ich mir von unserem Auge gezogen denken kann, wird nothwendig auf irgend einen Fixstern treffen, und also müsste uns jeder Punkt am Himmel Fixsternlicht, also Sonnenlicht zusenden." (Schilling: Wilhelm Olbers, sein Leben und seine Werke, 1894, S. 135)

Es werden 3 Voraussetzungen gemacht:

1. Das Weltall existiert schon unendlich lange.
2. Das Weltall ist unendlich groß.
3. Die Sterne sind im Weltall – zumindest im großen Maßstab – gleichmäßig verteilt.

Naturwissenschaft – Olbersches Paradoxon

Dann müsste der ganze Himmel von Sternoberflächen bedeckt sein.



Da die Erde aus jeder Richtung die Strahlung von Sternen empfängt, müsste sie sich auf die Temperatur der Sternoberflächen aufheizen. Also läge die Temperatur auf der Erde bei über 5000 Grad.

Naturwissenschaft – Olbersches Paradoxon

- Wir nehmen an, dass in einem Radius r sich eine Anzahl n von Sternen befindet.
- Das Volumen der Kugel mit Radius r ist $4/3\ \pi\ r^3$.
- Das Volumen bei Radius 2r ist $4/3\ \pi\ (2r)^3 = 8 * (4/3\ \pi\ r^3)$.
- Also befinden sich in der zweiten Kugelschale $8 - 1 = 7$ mal mehr Sterne als in der inneren Kugel.
- Die Oberfläche der Kugel mit Radius r ist $4\ \pi\ r^2$.
- Die Oberfläche bei Radius 2r ist $4\ \pi\ (2r)^2 = 4 * (4\ \pi\ r^2)$.
- Die Sterne erscheinen in der zweiten Kugelschale 4 mal so klein wegen der größeren Entfernung. Aber das wird durch die größere Anzahl von Sternen mehr als ausgeglichen. Es gibt also zu einem Radius r1 immer einen Radius r2, so dass die Bedeckung des Himmels durch Sterne in der Kugelschale zwischen r1 und r2 mindestens so groß ist wie in der Kugel mit Radius r1.

Naturwissenschaft – Olbersches Paradoxon

Möglichkeiten der Auflösung des Paradoxons:

Eine der drei Annahmen könnte falsch sein.

- Das Universum könnte erst seit endlicher Zeit existieren.
  Wahrscheinlich der Fall. Urknall vor etwa 13–14 Milliarden Jahren.
- Das Universum könnte eine endliche Ausdehnung haben.
  Wahrscheinlich der Fall. Zumindest ist der für uns zugängliche Teil endlich.
- Der Mensch könnte sich an einem nicht durchschnittlichen Ort befinden.
  Unwahrscheinlich. Eine Sonderstellung des Menschen im Universum (Anthropozentrismus) konnte bisher immer widerlegt werden.

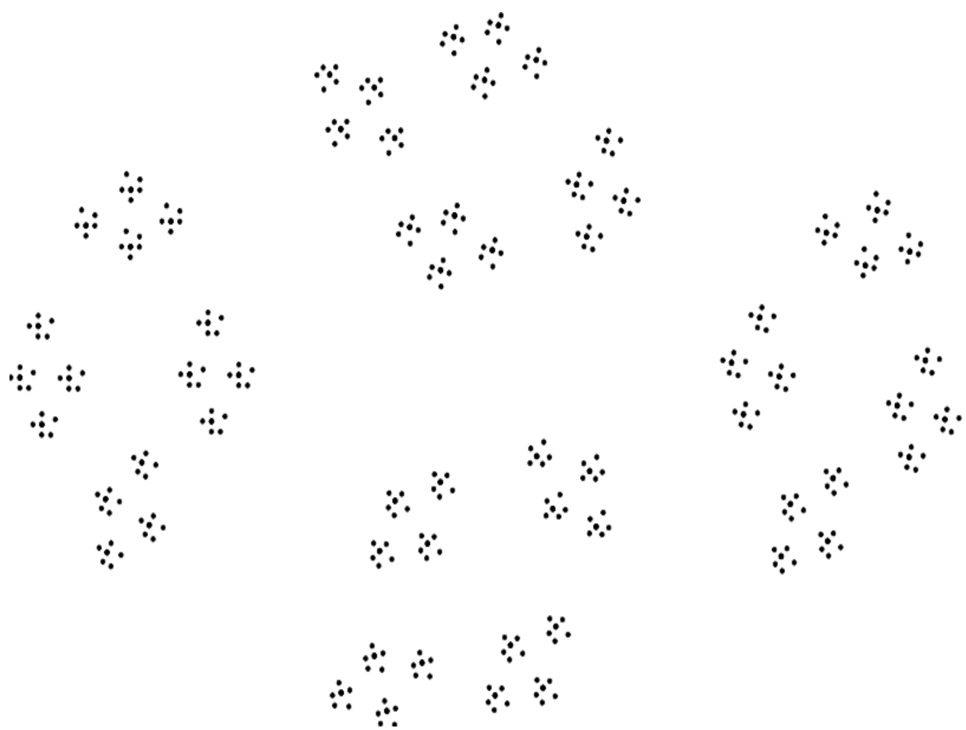
Naturwissenschaft – Olbersches Paradoxon

Weitere Möglichkeiten der Auflösung:

- Es gibt dunkle Wolken im Universum, die Licht abhalten. Aber in einer unendlich langen Zeit würden sich die Wolken aufheizen und selber Licht mit der Helligkeit der Sterne abstrahlen.
- Eine andere Lösung könnte die Steady-State-Theorie liefern. Die gilt aber seit langem als überholt.
- Lichtstrahlen werden nach langer Zeit etwas schwächer. Dafür gibt es aber keine Nachweise.
- Sei der Sternenhimmel eine Hierarchie von Gruppen. Jede Gruppe ist Teil eine größeren Gruppe. In jeder Gruppe ist die Entfernung der Teile um einen Faktor größer als in den untergeordneten Gruppen. Dann nimmt der Abstand der Sterne voneinander mit größerer Entfernung immer mehr zu. Dann kann es sein, dass trotz der Unendlichkeit des Weltalls der Sternenhimmel nicht vollkommen durch Sterne überdeckt ist.

Naturwissenschaft – Olbersches Paradoxon

Die Ordnung der Sterne in einer unendlichen Hierarchie von Clustern impliziert eine fraktale Struktur des Universum.



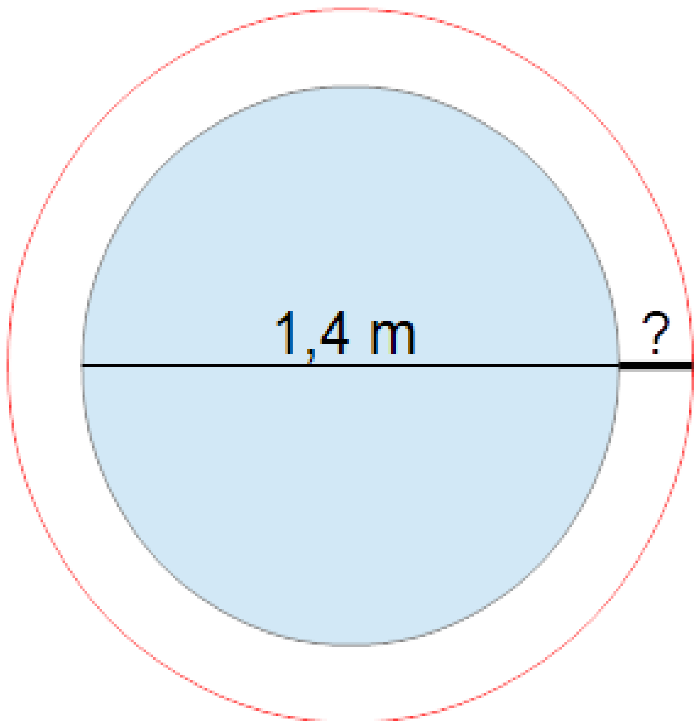
Allerdings gibt es keine empirischen Belege für eine fraktale Organisation der Verteilung der Sterne.

Gedankenexperimente in den Naturwissenschaften

- In unterschiedlichen Anwendungsgebieten haben GE unterschiedliche Funktionen und Potenziale
- In den Naturwissenschaften werden Urteile gefällt. Hier können GE dazu dienen, Konzepte auf Plausibilität zu prüfen. Aber sie haben im allgemeinen keine Beweiskraft.
- Beispiel: GE führen in der Relativitätstheorie zu einem geänderten Begriff von Gleichzeitigkeit. Es wird dazu gefragt, auf welche Weise die Gleichzeitigkeit von Ereignissen an verschiedenen Orten gemessen werden kann.
- GE können dazu führen, dass vorgegebene Konzepte über den Haufen geworfen werden müssen.
- GE ermöglichen Erklärungsfähigkeit statt nur Vorhersagbarkeit. Eine Erklärung ist dabei eine Beschreibung von Phänomenen, die den Anschluss an unsere Erfahrungen sucht.

Mathematatik – Litfaßsäule

Lege ein Seil um eine Litfaßsäule, verlängere es um 1 Meter und ziehe es gleichmäßig von der Säule ab. Welche Entfernung hat das Seil dann von der Säule an allen Stellen?



Die Entfernung beträgt ca. 16cm.

Mathematik – Litfaßsäule

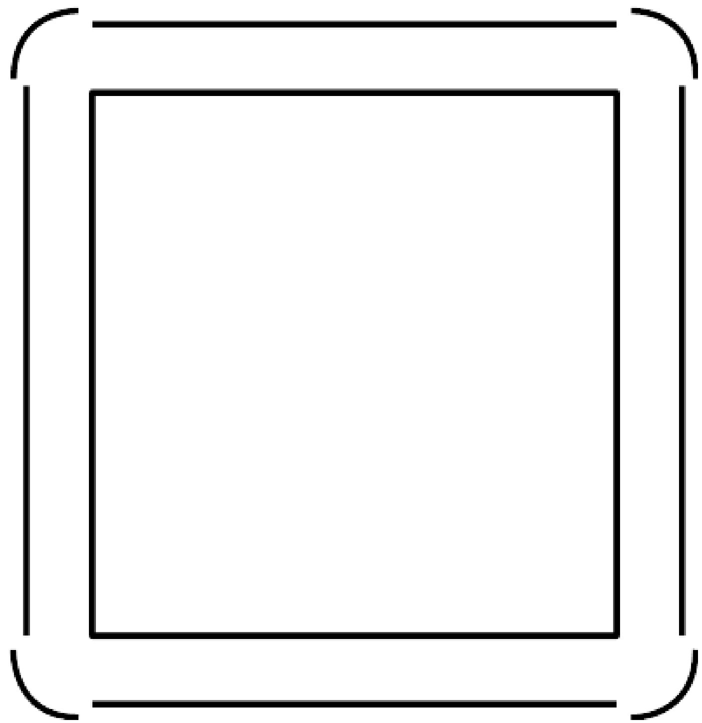
Lege nun ein Seil um die ganze Erde (perfekte Kugel), verlängere es um 1 Meter und ziehe es gleichmäßig von der Erde ab. Welche Entfernung hat das Seil dann von der Erde an allen Stellen?
Das lässt sich mathematisch berechnen.

- Sei r der Radius der Erde in Metern
- Der Umfang der Erde ist dann $U = 2\,\pi\, r$
- Sei x die Entfernung des verlängerten Seils zur Oberfläche der Erde
- Dann gilt: $U + 1 = 2\pi(r + x)$, also $U = 2\pi(r + x) - 1$
- Gleichsetzung der rechten Terme ergibt $2\,\pi\, r = 2\,\pi\,(r + x) - 1$.
- Daraus folgt $2\,\pi\, r = 2\,\pi\, r + 2\,\pi\, x - 1 \Rightarrow 1 = 2\,\pi\, x \Rightarrow x = 1\,/\,2\pi$
  $\Rightarrow x \approx 0{,}16\text{m} = 16\text{cm}$.

Das ist ein mathematischer Beweis. Aber der Sachverhalt wird dadurch nicht anschaulich. Das folgende GE macht das Ergebnis eher verständlich.

Mathematatik – Litfaßsäule

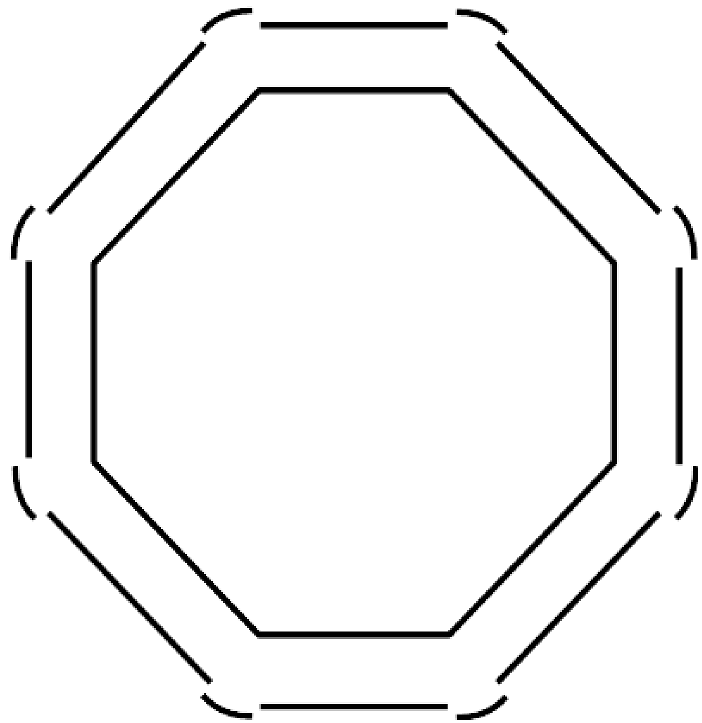
Sei die Erde ein Würfel. Dann hat der Äquator die Form eines Quadrats.



Bei Verlängerung um 1 Meter kann das Seil an den Kanten weggezogen werden. Die Verlängerung wird nur an den vier Ecken gebraucht. Die 4 Bögen von 90 Grad ergeben einen Vollkreis mit dem Umfang von 1 Meter. Der hat einen Radius von ca. 16 cm.

Mathematatik – Litfaßsäule

Sei der Äquator achteckig.



Bei Verlängerung um 1 Meter wird die Verlängerung nur an den acht Ecken gebraucht. Die 8 Bögen von 45 Grad ergeben einen Vollkreis mit dem Umfang von 1 Meter. Der hat wieder einen Radius von ca. 16 cm.

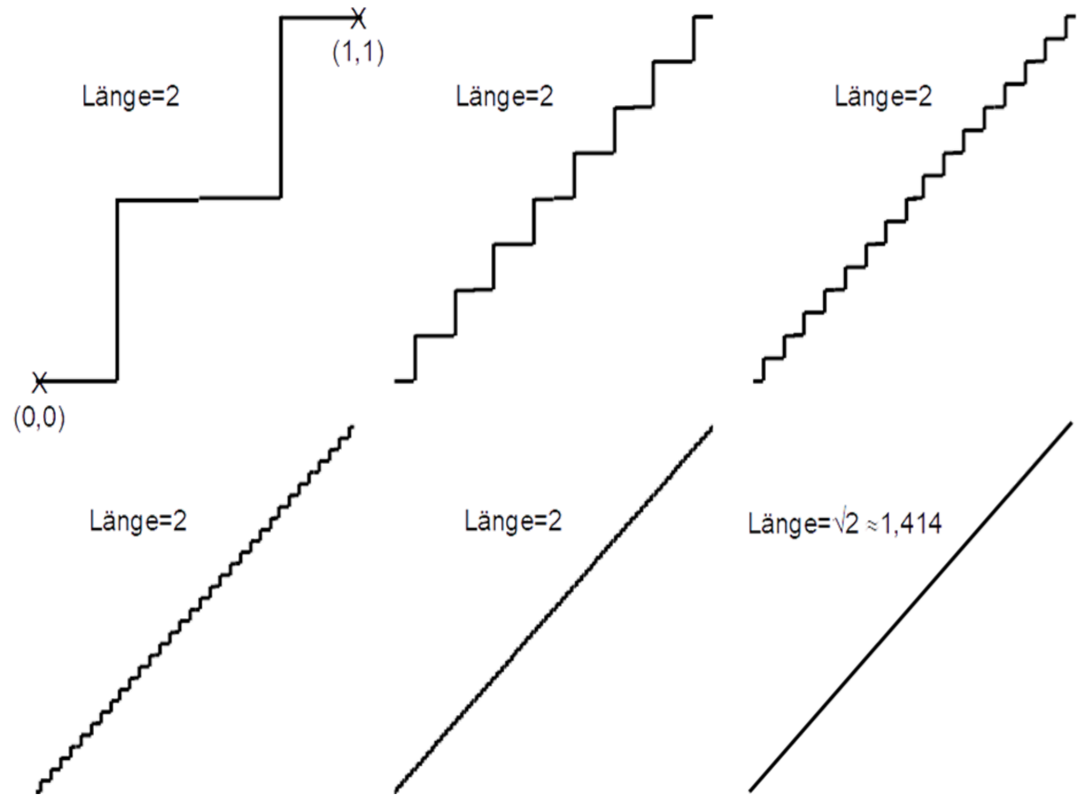
Mathematik – Litfaßsäule

- Allgemein:
  Sei der Äquator n-eckig. Bei Verlängerung um 1 Meter muss das Seil an den Kanten nur weggezogen werden. Die Verlängerung wird nur an den n Ecken gebraucht. Die n Bögen von 360/n Grad ergeben einen Vollkreis mit dem Umfang von 1 Meter. Der hat ebenfalls einen Radius von ca. 16 cm.

- Folgerung:
  Der Äquator ist als Kreis ein n-Eck mit unendlich vielen Ecken. Die unendlich vielen unendlich kleinen Kreisbögen ergeben wieder einen Vollkreis mit dem Umfang von 1 Meter. Der hat ebenfalls einen Radius von ca. 16 cm. Also kann das Band nach Verlängerung um 1 Meter 16 cm vom Äquator weggezogen werden.

Mathematik – Litfaßsäule

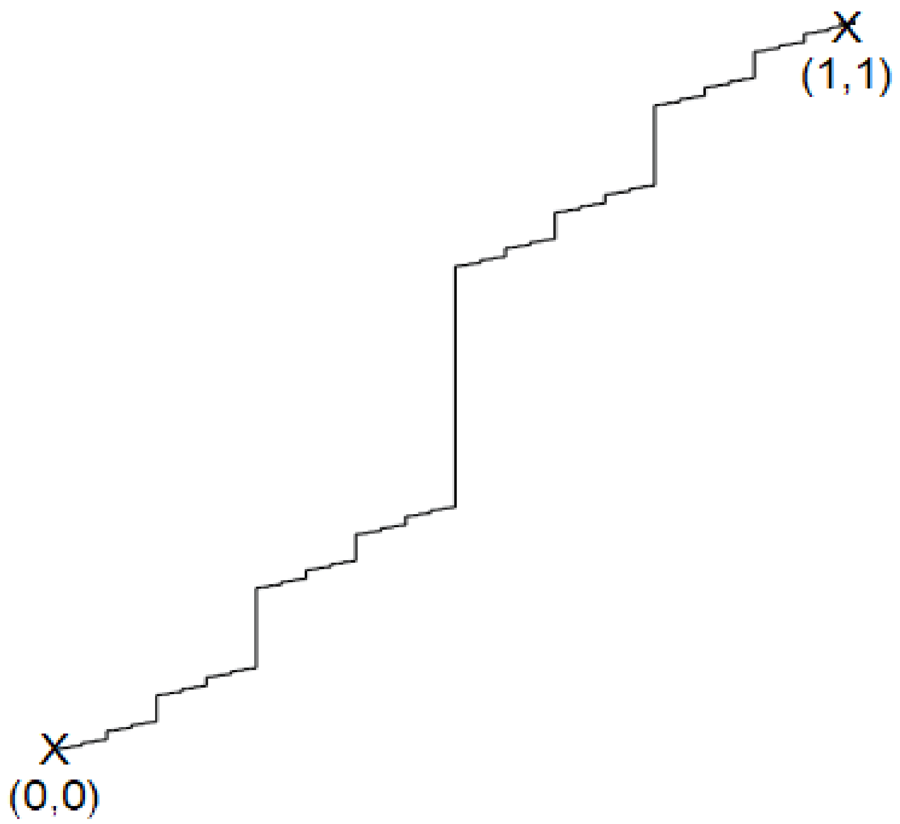
Die Veranschaulichung für die Litfaßsäule ist kein Beweis.



Die obige Treppenlinie hat bei jeder endlichen Verfeinerung die Länge 2. Aber die unendlich verfeinerte Treppe ist eine gerade Linie und hat die Länge $\sqrt{2}$.

Mathematik – Litfaßsäule

Aber: Die Cantorsche Teufelstreppe wird ebenfalls durch unendlich viele Verfeinerungsschritte erzeugt.



Sie hat dagegen die Länge 2 und nicht $\sqrt{2}$.

Gedankenexperimente zur Veranschaulichung

- In der Mathematik können GE zu Erkenntnissen führen.
- Das ist vor allem der Fall bei anschaulichen Strukturen wie der Euklidischen Ebene oder den natürlichen Zahlen.
- Im allgemeinen ist Vorsicht geboten. Z.B. können Erkenntnisse im Euklidischen Raum nicht auf beliebige Geometrien übertragen werden.
- Es besteht die Gefahr der und-so-weiter-Beweise.
- GE in der Mathematik dienen der Veranschaulichung und der Ideenfindung. Für den exakten Beweis sind im allgemeinen formale Berechnungen und logisches Schließen nötig.

Philosophie – Denition – Was ist Wissen?

Nach Platon (Theätet 201c–202d, Menon 97e–98a, Politeia V 476c–480a, aber Theätet 210a–b) hat die Person S Wissen, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

1. Es ist der Fall ist, dass p
2. S ist davon überzeugt ist, dass p
3. S ist in dieser Überzeugung gerechtfertigt

Diese Charakterisierung wird als GWÜ bezeichnet, Gerechtfertigte Wahre Überzeugung, englisch JTB, Justied True Belief.

Philosophie - Denition - Was ist Wissen?

Es gibt Gedankenexperimente (z.B. von Gettier), die diese Definition in Zweifel ziehen:

- Smith glaubt, dass Jones Chef wird und weiß, dass er zehn Münzen in der Tasche hat. Deshalb ist er überzeugt, dass der neue Chef zehn Münzen in seiner Tasche hat. Aber dann wird Smith selber Chef und hat zufällig auch zehn Münzen in der Tasche.
- Sigrid sagt, dass es 16.15 ist. Sie ist überzeugt davon, es ist auch wahr, und sie hat gute Gründe, denn sie weiß, wie man eine Uhr abliest. Allerdings weiß sie nicht, dass die Uhr genau vor 24 Stunden stehen geblieben ist.
- Henry zeigt seinem Sohn auf einer Autofahrt Gegenstände. Er zeigt auch auf eine Scheune und sagt, dass es eine ist. Er weiß allerdings nicht, dass in dem Distrikt viele Scheunenfassaden stehen und es nur eine einzige echte Scheune gibt, auf die er zufällig zeigt. Weiß Henry, dass es eine Scheune ist?

Philosophie – Einstellungen – Manipulationsargument

Das four-case-Argument stammt von Derk Pereboom:
Plum erfüllt alle kompatibilistischen Anforderungen an Freiheit. Er durchläuft aber eine normative Willensbildung, die zu einer Mordentscheidung führt.

1. Im ersten Fall stoßen Neurowissenschaftler Abwägungen an, die zu einem Mord führen. Plum ist dann nicht frei.
2. Im zweiten Fall wird Plum von Neurowissenschaftlern bei seiner Geburt so programmiert, dass er später mordet. Da Plum ähnlich wie im ersten Fall manipuliert wird, ist er nicht frei.
3. Im dritten Fall wird der Mord durch das soziale Umfeld bewirkt. Wenn Plum im zweiten Fall unfrei ist, dann auch in diesem Fall.
4. Im vierten Fall wächst Plum ganz normal auf und kommt im Willensbildungs-prozess zur Mordentscheidung. Da dieser Fall ähnlich zum dritten ist, bedeutet das auch Unfreiheit.

Gedankenexperimente in der Philosophie

- „Das Allgemeine hat für die Philosophie nach der hier entwickelten Auffassung in erster Linie die Form kategorialer Begriffe. Begründungen erstrecken sich weniger auf die Wahrheit von Behauptungen als vielmehr auf die Adäquatheit von Unterscheidungen. Man sollte daher den apophantischen Charakter der Philosophie nicht überbetonen. Auch da, wo sich deren Erkenntnisanspruch in Form von behauptenden Äußerungen über propositionale Inhalte artikuliert, liegen häufig bei genauerer Betrachtung Festlegungen von Unterscheidungen vor. (Gabriel „Erkenntnis“, S. 51)
- GE dienen dazu, an Beispielen zu überprüfen, inwieweit die expliziten Definitionen von Begriffen den intuitiven Vorstellungen entsprechen.
- Beispiel: In GE zeigen sich Defizite in verschiedenen Definitionen des Wissens.
- Die Wahrheit von Urteilen lässt sich dagegen eher nicht beweisen
- GE dienen auch dazu, Haltungen und Einstellungen zu vermitteln. Sie legen es nahe, eine bestimmte Einstellung einzunehmen. Aber sie beweisen nichts.
- Beispiel: Manipulationsargumente in der Frage nach der Vereinbarkeit von Freiheit und Determinismus.

Weitere Gedankenexperimente in der Philosophie

- Höhlengleichnis – Platon
  Verhältnis zwischen sinnlicher Erfahrung und Ideen.
- Chinesisches Zimmer – John Searle
  Sind Computer intelligent?
- Gehirn im Tank – Hilary Putnam
  Ist die Außenwelt real?
- Wie ist es, eine Fledermaus zu sein? – Thomas Nagel
  Qualia-Problem
- Mary – Frank Cameron Jackson
  Qualia-Problem
- Mühlenbeispiel – Gottfried Wilhelm Leibniz
  Kann ein mechanisches System Bewusstsein haben?
- Zwillingserde – Hilary Putnam
  Semantischer Extensionalismus

Andere Gedankenexperimente

- Fiktionale GE: Wie wäre Geschichte gelaufen, wenn Ereignis E stattgefunden oder nicht stattgefunden hätte? (siehe Zeit Geschichte: Was wäre gewesen, wenn ...?)
- GE in der Ethik: Es wird nicht erforscht, was der Fall ist, sondern was der Fall sein sollte.
- GE in der Ökonomie: Wie würde sich die Gesellschaft entwickeln, wenn es ein bedingungsloses Bürgergeld gäbe?
- GE in der Soziologie: Wie würden sich die Menschen verhalten, wenn sie mehrere tausend Jahre lebten oder sogar unsterblich wären?
- GE in der Literatur (Der Großinquisitor von Dostojewski)
- GE im Film (“Matrix“ von Lana und Lilly Wachowski oder „Welt am Draht“ von R. W. Fassbinder)

Fazit

- GE sind nicht logisch zwingend. Sie haben im allgemeinen keine Beweiskraft, aber sie machen Sachverhalte anschaulich und verständlich und können dadurch überzeugen. Sie sind nicht nur eine Sache der Logik, sondern auch eine der Psychologie.
- „Unsere Neigung, unsere Erwartung ist aber in unserer psychologisch-physiologischen Organisation begründet. Schlüsse nach Ähnlichkeit und Analogie sind genau genommen kein Gegenstand der Logik, sondern nur der Psychologie." (Ernst Mach: Erkenntnis und Irrtum, S. 225)
- Formale Beweise oder reale Experimente zeigen dagegen, dass ein Urteil richtig ist. Aber nicht immer überzeugen sie.
- GE bieten Erklärungen, weil sie durch ihre Anschaulichkeit einen Anschluss an unsere Erfahrungen und unser Vorstellungsvermögen herstellen.

Fazit

- Es besteht einmal die Gefahr beim GE, dass einzelne Ideen sich auf waghalsige Weise von der Realität entfernen, aber andererseits, dass Ideen für so unglaubwürdig gehalten werden, dass sie nicht ernsthaft in Betracht gezogen werden.
- „Nur selten wird ein Denker so verträumt und der Wirklichkeit abgewandt sein, um an eine die Drei übersteigende Dimensionszahl des uns gegebenen sinnlichen Raumes, oder an die Darstellung desselben durch eine von der Euklidischen merklich abweichenden Geometrie zu denken. Gauß, Lobatschewskij, J. Bolyai, Riemann waren darin ganz klar, und können jedenfalls für die später auf diesem Gebiete auftretenden Monstrositäten nicht verantwortlich gemacht werden." (Mach: Erkenntnis und Irrtum, S. 416)
- Von dem, was man prinzipiell nicht anschauen kann, kann man auch kaum erwarten, dass es anschaulich gemacht werden kann.

Literatur

- Bertram, G.W. (Hg.) 2012: Philosophische Gedankenexperimente. Ein Lese- und Studienbuch, Stuttgart.
- Gabriel, Gottfried 2015: Erkenntnis. Berlin/Boston: De Gruyter.
- Galilei, Galileo 1638: Discorsi e dimostrazioni matematiche intorne a due nuove scienze attenenti alla mecanica & i movimenti locali, Leyden.
- Kühne, Ulrich 1997: Gedankenexperiment und Erklärung. Bremer Philosophica, Vol. 1997/5, S. 1–51.
- Kühne, Ulrich 2005: Die Methode des Gedankenexperiments. Suhrkamp, Frankfurt am Main.
- Mach, Ernst 1906: Erkenntnis und Irrtum : Skizzen zur Psychologie der Forschung. J. A. Barth, Leipzig.
- Poser, Hans 1984: Wovon handelt ein Gedankenexperiment? In: Poser, Hans, Schütt, Hans-Werner (Hg.): Ontologie und Wissenschaft. Technische Universität Berlin.
- Schilling 1894: Wilhelm Olbers, sein Leben und seine Werke
- ZEIT Geschichte: Was wäre gewesen, wenn ...?

Anhang –Olbersches Paradoxon

Hier erfolgt die genaue Berechnung der Sternenbedeckung B:

$B = \alpha$

$+\alpha - \alpha^2$

$+\alpha - 2\alpha^2 + \alpha^3$

$+\alpha - 3\alpha^2 + 3\alpha^3 - \alpha^4$

$+\alpha - 4\alpha^2 + 6\alpha^3 - 4\alpha^4 + \alpha^5$

$+ \dots$

$$= \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{i} (-1)^{j+1} \binom{i}{j} \alpha^j = \sum_{i=0}^{\infty} \alpha (1-\alpha)^i$$

$$= \alpha \sum_{i=0}^{\infty} (1-\alpha)^i = \alpha \frac{1}{1-(1-\alpha)} = \frac{\alpha}{\alpha} = 1$$

Also ist der Himmel zu 100% sternenbedeckt.

Anhang –Olbersches Paradoxon

Sei der Sternenhimmel geclustert. Jeder Haufen ist Teil eines größeren Haufens. In jedem Haufen ist die Dichte um einen Faktor dünner als in den untergeordneten Haufen. Sei die Sternenbedeckung in einem Radius α. Sei β der Faktor, um den die Dichte von Ebene zu Ebene abnimmt ($\beta < 1$).
Dann ist der Grad der Sternenbedeckung:

$$\alpha + \alpha * \beta + \alpha * \beta^2 + \dots$$
$$= \sum_{i=0}^{\infty} \alpha * \beta^i$$
$$= \alpha * \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i$$
$$= \alpha * \frac{1}{1-\beta}$$
$$= \frac{\alpha}{1-\beta}$$

Anhang – Olbersches Paradoxon

Das ist eine Schätzung nach oben, da weiter entfernte Sterne teilweise von Sternen davor verdeckt werden. Das wird hier nicht berücksichtigt.

Wann wird hierbei die Sternenbedeckung kleiner als 1?

$$\frac{\alpha}{1-\beta} < 1 \Leftrightarrow \alpha < 1 - \beta \Leftrightarrow \beta < 1 - \alpha$$

Sei z.B. $\alpha = 0,01$ und $\beta = 0,1$. Dann ist der Bedeckungsgrad

$$\frac{0,01}{1-0,1} = \frac{0,01}{0,9} = 0,011...$$

Allerdings gibt es keine empirischen Belege für eine fraktale Organisation der Sternenverteilung.